

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-282540

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | F I                  |
|--------------------------|-------|----------------------|
| G 0 5 D 3/12             | 3 0 6 | G 0 5 D 3/12 3 0 6 Z |
| B 2 5 J 19/06            |       | B 2 5 J 19/06        |
| G 0 5 B 13/02            |       | G 0 5 B 13/02 C      |
| G 0 5 D 3/00             |       | G 0 5 D 3/00 X       |
| H 0 2 P 5/00             |       | H 0 2 P 5/00 X       |

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 15 頁)

|          |                  |         |   |
|----------|------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平10-83370      | (71)出願人 | 000005821<br>松下電器産業株式会社<br>大阪府門真市大字門真1006番地 |
| (22)出願日  | 平成10年(1998)3月30日 | (72)発明者 | 森田 国敏<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内       |
|          |                  | (72)発明者 | 橋本 敦実<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内       |
|          |                  | (72)発明者 | 中塚 隆<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内        |
|          |                  | (74)代理人 | 弁理士 滝本 智之 (外1名)                             |

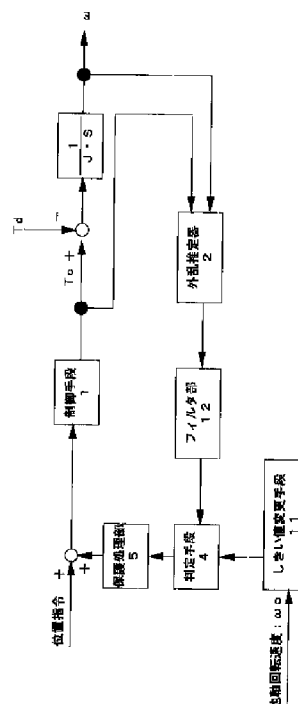
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットの制御装置とその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 ロボットは、姿勢変化により重力の影響を受けモータトルクに重力トルク分として加わる。また、高速動作時には他軸の慣性力の影響を受け、外乱トルクが大きくなる場合がある。しかし、従来の外乱トルクによる衝突判定には、あらかじめ重力トルクの最大量、また他軸の慣性力等を考慮してしきい値を決定していた為、しきい値が高めに設定されていた。

【解決手段】 外乱検出器により算出される外乱トルクのうち重力成分をカットするようなフィルタ部を外乱検出器の後に設ける。また、ロボット動作速度に応じて衝突判定のしきい値を変換するようなしきい値変更手段を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のモータにより構成されるロボットと、前記モータを制御する制御部と、前記モータのトルクと速度を入力して前記モータにかかる外乱トルクを推定する外乱検出器と、前記外乱検出器から出力される外乱トルクに対応した信号を微分する微分手段と、前記微分手段から出力される信号としきい値とを比較する判定手段とを有するロボットの制御装置。

【請求項2】 1つ以上の基本軸と先端に設けられた1つ以上の手首軸を有するロボットの前記基本軸の動作速度が遅い場合の手首軸に関するしきい値に比べて、前記基本軸の動作速度が速い場合の手首軸のしきい値を上げた請求項1記載のロボットの制御装置。

【請求項3】 複数のモータにより構成されるロボットのの前記モータを制御する制御部と、前記モータのトルクと速度を入力して前記モータにかかる外乱トルクを推定する外乱検出器と、前記外乱検出器から出力される外乱トルクのある周波数成分のみをカットするフィルタ部を設けた請求項1または2に記載のロボットの制御装置。

【請求項4】 ロボットを駆動する複数のモータを制御する制御部と、前記モータのトルクと速度を入力してロボットにかかる外乱トルクを推定する外乱検出器と、前記外乱検出器から出力される外乱トルクの設定時間当たりの平均値を算出する平均値算出手段と、前記平均値算出手段により算出された平均外乱トルクを記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶された平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較する判定手段とを有するロボットの制御装置。

【請求項5】 ロボットを駆動する複数のモータを制御する制御部と、前記モータのトルクと速度を入力してロボットにかかる外乱トルクを推定する外乱検出器と、前記ロボットの速度別に設定時間を変更して外乱トルクの時間当たりの平均値を算出する速度別平均値算出手段と、前記速度別平均値算出手段により算出された平均外乱トルクを記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶された平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較する判定手段とを有するロボットの制御装置。

【請求項6】 速度別平均値算出手段は、ロボットの速度が遅い時の設定時間に対して、ロボットの速度が速い時の設定時間を短くする請求項4記載のロボットの制御装置。

【請求項7】 現在の外乱トルクに対して1つ前の設定時間で算出された平均外乱トルクを記憶手段に記憶する請求項4から6の何れかに記載のロボットの制御装置。

【請求項8】 複数の制御部間を通信手段で接続して協調動作させるロボットで、各ロボットの各軸の外乱検出器からの信号を入力する請求項1から7の何れかに記載のロボットの制御装置。

【請求項9】 1つ以上の基本軸と先端に設けられた1つ以上の手首軸を有するロボットの各軸毎の外乱検出器

からの信号を入力する通信手段により各軸の総和を行う請求項1から8の何れかに記載のロボットの制御装置。

【請求項10】 複数のモータにより構成されるロボットのの前記モータのトルクと速度を入力して前記モータにかかる外乱トルクを推定するステップと、前記外乱トルクに対応した信号を微分するステップと、前記微分するステップで算出した信号としきい値とを比較するステップを有するロボットの制御方法。

【請求項11】 1つ以上の基本軸と先端に設けられた1つ以上の手首軸を有するロボットのの前記基本軸の動作速度が遅い場合の手首軸に関するしきい値に比べて、前記基本軸の動作速度が速い場合の手首軸のしきい値を上げた請求項10記載のロボットの制御方法。

【請求項12】 複数のモータにより構成されるロボットのの前記モータのトルクと速度を入力して前記モータの外乱トルクを推定するステップと、前記算出された外乱トルクのある周波数成分のみをフィルタによりカットする請求項10から11の何れかに記載のロボットの制御方法。

【請求項13】 ロボットを駆動する複数のモータのトルクと速度を入力してロボットにかかる外乱トルクを推定するステップと、前記外乱トルクの設定時間当たりの平均外乱トルクを算出するステップと、前記算出された平均外乱トルクを記憶するステップと、前記記憶された平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較するステップを有するロボットの制御方法。

【請求項14】 ロボットを駆動する複数のモータのトルクと速度を入力してロボットにかかる外乱トルクを推定するステップと、前記ロボットの速度別に設定時間を変更して外乱トルクの時間当たりの平均外乱トルクを算出するステップと、前記算出された平均外乱トルクを記憶するステップと、前記記憶された平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較するステップを有するロボットの制御方法。

【請求項15】 速度別平均値算出手段は、ロボットの速度が遅い時の設定時間に対して、ロボットの速度が速い時の設定時間を短くする請求項12記載のロボットの制御方法。

【請求項16】 現在の外乱トルクに対して1つ前の設定時間で算出された平均外乱トルクを記憶するステップを有する請求項13から15の何れかに記載のロボットの制御方法。

【請求項17】 複数の制御部間を通信手段で接続して協調動作させるロボットで、各ロボットの各軸の外乱検出器からの信号を入力する請求項10から16の何れかに記載のロボットの制御方法。

【請求項18】 1つ以上の基本軸と先端に設けられた1つ以上の手首軸を有するロボットの各軸毎の外乱検出器からの信号を入力し、外乱トルクの総和を用いる請求項10から17の何れかに記載のロボットの制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロボット制御の衝突判定処理に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、サーボモータで駆動される産業用ロボットの、障害物やワーク等への衝突による機構部の破損を防止するために、衝突検出処理が行われている。そして、その衝突検出は、機構部が衝突した際にサーボモータに発生する外乱トルクを外乱推定オブザーバにより推定し、この推定外乱トルクが設定されたしきい値以上になると、衝突が発生したと判断する。しかし、ロボットが衝突する際に発生する外乱トルクには、機械の摩擦力、バネ系の反力、機械にかかる重力が含まれている為、特開平3-196313号にあるように、衝突判定のしきい値を前記の摩擦力、反力、重力よりも大きくし、かつ、機構部の耐強度より小さい値に設定する方法が用いられている。図17にこの構成を示し、以下に説明する。まず、制御手段1で算出される指令トルクとモータ実速度より、外乱推定器2において外乱トルクを推定する。次に判定手段4で、推定された外乱トルクと、あらかじめ設定しておいたしきい値との比較を行い、外乱トルクがしきい値を越えていた場合は衝突が生じたと判断し、保護処理部5によって破損防止の処理を実行する。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の衝突判定処理では、外乱推定器で推定される外乱トルクには可動部が移動する事によって生じる摩擦力、また機械にかかる重力や減速器などバネ系の反力が含まれている為、正確に衝突によって生じた外乱トルク分のみを推定する事が困難である。よって衝突判定のしきい値を衝突以外の外乱トルクのレベルより小さく設定する事ができない。また重力や摩擦力、反力は常に変化するので、姿勢や速度によっては衝突判定までの検出に時間がかかってしまう。

【0004】また、従来の推定した外乱トルクをしきい値と判定するだけでは、ロボット手首軸のような機構部に基本軸による大きな慣性力が加わった時には、この慣性力を衝突による外乱トルクと判断してしまい衝突の誤判定を生じてしまうことがあった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の構成は、外乱検出器で算出される外乱トルクを微分する微分手段と、微分された信号としきい値を比較判定する判定手段を設ける。

【0006】さらに、本発明の第2の構成は、ロボット基本軸の動作速度に応じて手首軸の判定しきい値を可変できるしきい値変更手段を設ける。

【0007】さらに、本発明の第3の構成は、外乱検出

器で算出される外乱トルクのうち、機構部にかかる重力成分をカットするようなフィルタ部を設ける。

【0008】さらに、本発明の第4の構成は、外乱検出器から出力される外乱トルクの設定時間当たりの平均値を算出する平均値算出手段と、前記平均値算出手段により算出された平均外乱トルクを記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶された平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較する判定手段を設ける。

【0009】さらに、本発明の第5の構成は、ロボットの速度別に設定時間を変更して外乱トルクの時間当たりの平均値を算出する速度別平均値算出手段を設ける。

【0010】さらに、本発明の第6の構成は、ロボットの速度が遅い時の設定時間に対して、ロボットの速度が速い時の設定時間を短くする速度別平均値算出手段を設ける。

【0011】さらに、本発明の第7の構成は、現在の外乱トルクに対して1つ前の設定時間で算出された平均外乱トルクを記憶する記憶手段を設ける。

【0012】さらに、本発明の第8の構成は、複数ロボットにおいて協調動作させるロボットの各モータの制御部におけるすべての外乱検出器からの出力結果により衝突判定を行う上位判定手段を設ける。

【0013】さらに、本発明の第9の構成は、2軸以上の関節を有するロボットにおいて各軸毎の外乱トルクの総和を行い、その総和によって衝突判定を行う外乱トルク総和手段を設ける。

【0014】本発明の第1の方法は、算出した外乱トルクを微分し、微分された信号としきい値を比較判定する。

【0015】さらに、本発明の第2の方法は、ロボット基本軸の動作速度に応じて手首軸の判定しきい値を可変し、算出される外乱トルクと比較判定する。

【0016】さらに、本発明の第3の方法は、算出される外乱トルクのうち、機構部にかかる重力成分をフィルタによりカットし、そのフィルタ処理後の信号としきい値を比較判定する。

【0017】さらに、本発明の第4の方法は、外乱検出器から出力される外乱トルクの設定時間当たりの平均値を算出して、それを平均外乱トルクとして記憶させ、その記憶させた平均外乱トルクと現在の外乱トルクとを比較判定する。

【0018】さらに、本発明の第5の方法は、ロボットの速度別に設定時間を変更して外乱トルクの時間当たりの平均値を算出する。

【0019】さらに、本発明の第6の方法は、ロボットの速度が遅い時の設定時間に対して、ロボットの速度が速い時の設定時間を短くする。

【0020】さらに、本発明の第7の方法は、現在の外乱トルクに対して1つ前の設定時間で算出された平均外乱トルクを用いる。

【0021】さらに、本発明の第8の方法は、複数ロボットにより協調動作させるロボットを含め、各モータ制御部において算出される全軸の外乱トルクにより衝突判定を行う。

【0022】さらに、本発明の第9の構成は、2軸以上の関節を有するロボットにおいて各軸毎の外乱トルクの総和を行い、その総和によって衝突判定を行う。

【0023】

【発明の実施の形態】上記本発明の第1の構成と第1の方法によれば、ロボット等機構部の衝突発生後瞬時に衝突判定を行うことができる。

【0024】次に、上記本発明の第2の構成と第2の方法によれば、基本軸の高速動作により生じる慣性力によって衝突発生時の誤判定を回避する事ができる。

【0025】次に、上記本発明の第3の構成と第3の方法によれば、外乱トルクに含まれる重力成分をカットできる。

【0026】上記本発明の第4の構成と第4の方法によれば、ロボット等機構部の衝突を判定するしきい値を小さく設定でき、衝突を短時間で検出することができる。

【0027】上記本発明の第5の構成と第5の方法によれば、しきい値との比較に用いる衝突時の外乱値を、速度に応じて変えることができる。

【0028】上記本発明の第6の構成と第6の方法によれば、ロボットの動作速度が速い場合でも、姿勢変化等による検出外乱値の急な変化に対しても、衝突発生時の誤判定を回避する事ができる。

【0029】上記本発明の第7の構成と第7の方法によれば、ロボット等機構部の衝突を判定するしきい値をさらに小さく設定することができ、衝突をさらに短時間で検出することができる。

【0030】次に、上記本発明の第8の構成と第8の方法によれば、協調動作しているロボットの動作軸すべての推定外乱トルクにより、衝突判定を直ちに検出できる。

【0031】次に、上記本発明の第9の構成と第9の方法によれば、全モータで算出された外乱トルクの総和を行い、衝突判定を瞬時に検出できる。

【0032】（実施の形態1）以下に本発明の第1の実施の形態について説明する。

【0033】なお、以下本発明の実施の形態を説明するにあたって、ロボットにかかる外乱トルクの検出を行う一手段として外乱推定器を用いている。しかし、特にセンサ等を用いる構成としてもよい事はいうまでもなく、外乱トルクの検出方法に関わらずに本発明の制御装置及び制御方法は構成できる。

【0034】まず、衝突判定を瞬時に行うための制御構成を図1に示す。制御手段1より出力される指令トルク $T_c$ と、モータの実速度 $\omega$ より、外乱トルク $T_d$ が外乱推定器2により算出される。次に算出された外乱トルク $T$

$d$ は微分手段3において微分され、外乱トルク $T_d$ に対応した微分信号として判定手段4に出力される。判定手段4においては、あらかじめ設定されているしきい値と、入力される微分信号との比較判定を行い、しきい値を越えた時点で衝突が生じたと判断し、保護処理部5に保護処理実行の指令を出し駆動機械の破損保護が行われる。

【0035】図2(a)に示すように、衝突が発生した時の外乱トルク $T_d$ の変化がほぼ一定に右上がりに上昇し、外乱トルク $T_d$ が、衝突発生から衝突判定されるまでの時間 $T_s$ 後にしきい値を超える。それに対して、図2(b)に示すように、外乱トルク $T_d$ を微分した信号 $dT_d/dt$ の場合は、衝突発生と同時に、外乱トルク $T_d$ の傾きに依りて急峻に値が増加し、瞬時( $dT_s$ の間)に設定されたしきい値を超えることがわかる。

【0036】よって、衝突発生後瞬時に衝突判定を行う事ができる。

（実施の形態2）以下に本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0037】なお、説明を簡単にするために、図3に示すような、基本軸に相当するモータ6、手首軸に相当するモータ7とリンク8、さらに固定台9及び負荷10から構成される2自由度のロボットアームで以下説明を行う。また、第1の発明と同一の構成については、同一符号を付して説明を略する。

【0038】まず、図3に示すように、ロボットアームは固定台9に固定しているモータ6の回転軸にリンク8を接続し、そのリンク8の先端にモータ7を取り付け、そのモータ7に負荷10が取り付けられて構成されている。そして、モータ6、モータ7の回転角を制御する事でアーム先端の負荷10の位置を制御している。この時、モータ7には、モータ6の回転力による慣性力 $F_i$ が働いている。

【0039】よって、モータ6の回転方向が反転した時に慣性力 $F_i$ が外乱トルクとしてモータ7に加わってしまう。そこで、慣性力 $F_i$ がしきい値を超えるような速度でモータ6が反転した時にモータ7では衝突発生時の誤判定を行ってしまう。

【0040】そこで、基本軸であるモータ6の慣性力を考慮するために、図4に示す構成にする。以下に図4の構成を説明する。

【0041】しきい値変更手段11において、基本軸モータ6の回転速度 $\omega_0$ に応じてしきい値を変更し、 $\omega_0$ に応じたしきい値を判定手段4に出力する。判定手段4では、微分手段3より出力される外乱トルクに対応した微分信号と、しきい値変更手段11より出力されるしきい値との比較判定を行う。

【0042】（実施の形態3）以下に本発明の第3の実施の形態について説明する。

【0043】まず、図5で構成を説明する。また、第1

の発明と同一の構成については、同一符号を付して説明を略する。外乱推定器2で算出される外乱トルクを重力成分のような低周波をカットするフィルタ部12に出力しフィルタ部12において重力成分をカットし、判定手段4に出力する。ここで、外乱トルクに含まれる重力成分について説明する。前記ロボットが図6に示すようにp1からp2までのモータ6の関節動作を行った場合、算出される外乱トルクは図7(a)の実線で示すような波形となる。よって、このように推定を行う外乱トルクに重力成分が含まれていると、算出値の絶対値が重力項によって変動してしまい、判定しきい値を重力項が最大となる大きさより下げる事ができない。しかし、外乱トルクをフィルタ部12によりフィルタリングを行うと図7(b)の実線で示すように重力による変動分をカットできる。さらに、ロボットが図6に示すように動作中ある位置Paで障害物と衝突した時、フィルタ処理を行わない場合の外乱トルク波形は図7(a)の点線で示すような波形となる。しかし、フィルタ処理を行った場合の外乱トルク波形は図7(b)の点線で示すような波形となる。よって図7(a)、図7(b)に示すように、フィルタ処理を行わない時の衝突発生から衝突判定までの時間Tsと、フィルタ処理を行った時の衝突発生から衝突判定までの時間Ts'では明らかにTs>Ts'となる事がわかる。

【0044】(実施の形態4)以下に本発明の第4の実施の形態について説明する。

【0045】まず、図8で構成を説明する。また、第1の発明と同一の構成については、同一符号を付して説明を略する。

【0046】平均値算出手段13は、外乱推定器2からの外乱トルクを入力として、一定時間ごとに、その一定時間内での外乱トルクの平均値を算出して、平均外乱トルクを出力する。記憶手段14は、平均値算出手段13からの平均外乱トルクが主力されるごとに、それを記憶し、一定時間後にそれを出力する。演算器15は、外乱推定器2からの外乱トルクと、記憶手段14からの平均外乱トルクとの差を求め、判定手段4へ出力する。判定手段4では、演算器15の出力としきい値とを比較して、衝突判定を行う。

【0047】さらに、図9で詳しく説明する。図9(a)は、外乱トルクとその平均値を示したものである。時間軸上に一定間隔Taの区間を設け、現在の時間が属する区間をnを整数として区間nとすれば、その自然数i個前の区間を区間n-iとする。Td<sub>n</sub>(t)は、区間nにおける外乱トルクを示し、TD(n-1)は、区間n-1での平均外乱トルクを示している。図9(b)は、区間k(k=..., n-2, n-1, n, ...)における外乱トルクTd<sub>k</sub>(t)と、そのTd<sub>k</sub>(t)が属する区間より一つ前の区間での平均外乱トルクTD(k-1)との差を、示したものである。

【0048】衝突発生を判断するためのしきい値は、従来の方法では、図9(a)で示すように、Td(t)の最大値よりも大きく設定する必要があるのに対し、本発明の第4の実施例によれば、図9(b)で示すように、現在の外乱トルクと、それが属する区間より一つ前の区間での平均外乱トルクとの差より大きければよい。すなわち、本発明の第4の実施例によれば、衝突発生を判断するためのしきい値は、従来のそれよりも小さく設定することができ、したがって、すばやく衝突発生を検知することができる。

【0049】なお、現在の外乱トルクTd(t)との差をとる平均外乱トルクは、二つ以上前の区間でのものを用いても構わないが、一つ前の区間での平均外乱トルクを用いる場合のほうが、衝突検知のためのしきい値を、より小さく設定することができる。

【0050】(実施の形態5)以下に本発明の第5の実施の形態について説明する。

【0051】まず、図10で構成を説明する。また、第4の発明と同一の構成については、同一符号を付して説明を略する。

【0052】速度別平均値算出手段16は、外乱推定器2からの外乱トルクを入力として、ロボットの動作速度Vに応じて変化する時間区間ごとに、その時間区間内での外乱トルクの平均値を算出して、平均外乱トルクを出力する。

【0053】さらに、図11で詳しく説明する。図11(a)は、ロボットの動作速度を示し、図11(b)は、そのときの、外乱トルクとその平均値を示したものである。図11(b)について、図9(a)と異なる点は、時間の区間がロボットの動作速度に応じて変化するという点である。符号等その他の点については、図9(a)と同様の意味を持つものとする。時間の区間の設定方法であるが、例えば、図11(a)、図11(b)においては、ある時点での速度に応じて、その時点を開始とする区間を設定し、その区間の終わりの時点で、その時点での速度に応じて、次の区間を設定し、順次これを繰り返していく、というようにしている。なおこのとき、区間の長さは、速度が大きいく程、小さくなるような設定のしかたをしている。

【0054】また、図11(a)、図11(b)は、速度が大きくなる程、ロボットの姿勢の変化の割合が大きくなり、検出した外乱トルクの変化の割合も大きくなるようすを示している。

【0055】また、図11(c)は、このときの、図11(b)で示すところのTd(t)と、そのTd(t)が属する区間より一つ前の区間での平均外乱トルクとの差を、示したものである。なお、衝突検知のためのしきい値の設定のしかたは、本発明の第4の実施の形態で示したのと同じである。

【0056】ここで、時間の区間を速度によらず一定と

した場合の、外乱トルクとその平均値を図11(d)に、図11(d)で示すところの $T_d(t)$ と、その $T_d(t)$ が属する区間より一つ前の区間での平均外乱トルクとの差を、図11(e)に示す。なお、このときのロボットの動作速度は、図11(a)で示したものと同一とする。

【0057】図11(c)と図11(e)とを比べてわかるように、外乱トルクを平均する時間の区間を、速度に応じて変化させ、その時間の区間が速度が大きい程短くなるようにした場合は、時間の区間を速度によらず一定にした場合に対して、衝突検知のためのしきい値を、さらに小さくできることがわかる。

【0058】(実施の形態6)以下に本発明の第6の実施の形態について説明する。

【0059】まず、図12に示すように、2台の協調動作を行っているロボットが衝突した場合、すべての動作軸であるお互いのモータ6、モータ7のうちいずれか一つでも推定外乱トルクがしきい値を越えたところで、お互いのロボットが衝突発生に対する保護処理を実行する。次に、図13で構成を説明する。各軸制御部100において、協調動作を行っているロボットを構成しているモータすべての外乱トルクの算出を行う。そして、それぞれのロボット間を含む各制御部間の通信手段101により接続されている。また、通信手段101は、上位判定手段13と上位指令生成部14とで構成される。そして、上位判定手段13には、すべての軸制御部100で算出された外乱トルクの値が出力される。上位判定手段13は各軸毎にあらかじめ設定されたしきい値と、それぞれの軸制御部100で算出された外乱トルクとの比較判定を行う。この時、どれか一軸でも外乱トルクがしきい値を越え、直ちに上位判定手段13は、上位指令生成部14に衝突発生の判定を出力する。上位指令生成部14は衝突判定を認識すると直ちに全モータに対して衝突保護処理の指令を出力する。このように、協調動作を行う全モータの外乱トルクを一つの指令生成部14が管理する事で最も検知力の高いモータで衝突を検知し、全モータが直ちに衝突保護動作を実行する事ができる。

【0060】(実施の形態7)以下に本発明の第7の実施の形態について説明する。

【0061】まず、図14に示すように、負荷10が取り付けられたモータ6、モータ7、リンク8、固定台9で構成されるロボットがある動作中に障害物19に衝突した時、モータ6、モータ7で算出される外乱トルクをそれぞれ $T_d6$ 、 $T_d7$ とする。これらの総和を $T_{da}$ とし、全軸の外乱トルクの総和 $T_{da}$ が設定されたしきい値を越えた時に衝突が発生したと判定する。次に図15で構成を説明する。説明を簡単にするため、図14で示したロボットの構成をもとに説明する。

【0062】まず、ロボットを構成する各モータ間の通

信を行う通信手段102は、外乱トルク総和手段20と、前記外乱トルク総和手段20より算出される外乱トルクの総和とあらかじめ設定された総和しきい値との比較を行う上位判定手段17と、全動作軸に指令生成を行う上位指令生成部18より構成される。次に、モータ6、モータ7それぞれの軸制御部100において外乱トルク $T_d6$ 、 $T_d7$ の算出が行われる。そして、各軸毎に算出された外乱トルクにより外乱トルク総和手段20は全軸の外乱トルクの総和 $T_{da}$ を算出し、上位判定手段17に出力する。上位判定手段17は外乱トルクの総和 $T_{da}$ とあらかじめ設定されている総和しきい値 $\alpha a$ との比較を行い、 $T_{da}$ が総和しきい値 $\alpha a$ を越えていると、衝突発生と判断し、上位指令生成部18に保護処理の実行を要求する。上位指令生成部18は上位判定手段17から保護処理実行の要求を受けると直ちに、保護処理を実行するための指令を各モータの軸制御部100に出力する。

【0063】ここで、 $\alpha 6$ をモータ6の衝突判定のしきい値、 $\alpha 7$ をモータ7の衝突判定しきい値とする。図16に示すそれぞれの衝突発生から衝突判定までの時間 $T_s$ より、通常 $T_d6 > \alpha 6$ 、or、 $T_d7 > \alpha 7$ となったところで衝突発生の判断を行うよりも、 $T_{da} > \alpha a$ の時点で衝突発生であると判断する方が明らかに判定までの時間短縮できる事が分かる。

【0064】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の第1、6、7の構成と第1、6、7の方法により、ロボットの衝突発生を瞬時に検出する事ができ、また、本発明の第2の構成と第2の方法により、高速動作時の他軸の慣性力による誤動作を生じることなく衝突を検出することができる。さらに、本発明の第3、4、5の構成と第3、4、5の方法により、ロボットの姿勢変化における重力の影響を受けることなく、正確な外乱トルクの算出が可能であるため、高精度な衝突検出ができ、実用的にきわめて有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構成を示すブロック図

【図2】衝突発生時の外乱トルクの変化とその微分信号を示す図

【図3】本発明の第2の実施の形態説明の為の2自由度ロボットアームの構成図

【図4】本発明の第2の実施の形態の構成を示すブロック図

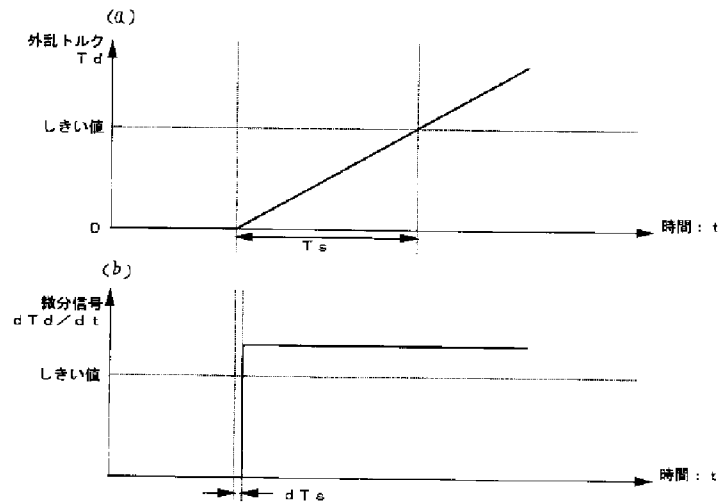
【図5】本発明の第3の実施の形態の構成を示すブロック図

【図6】本発明の第3の実施の形態説明の為の2自由度ロボットアームの構成図

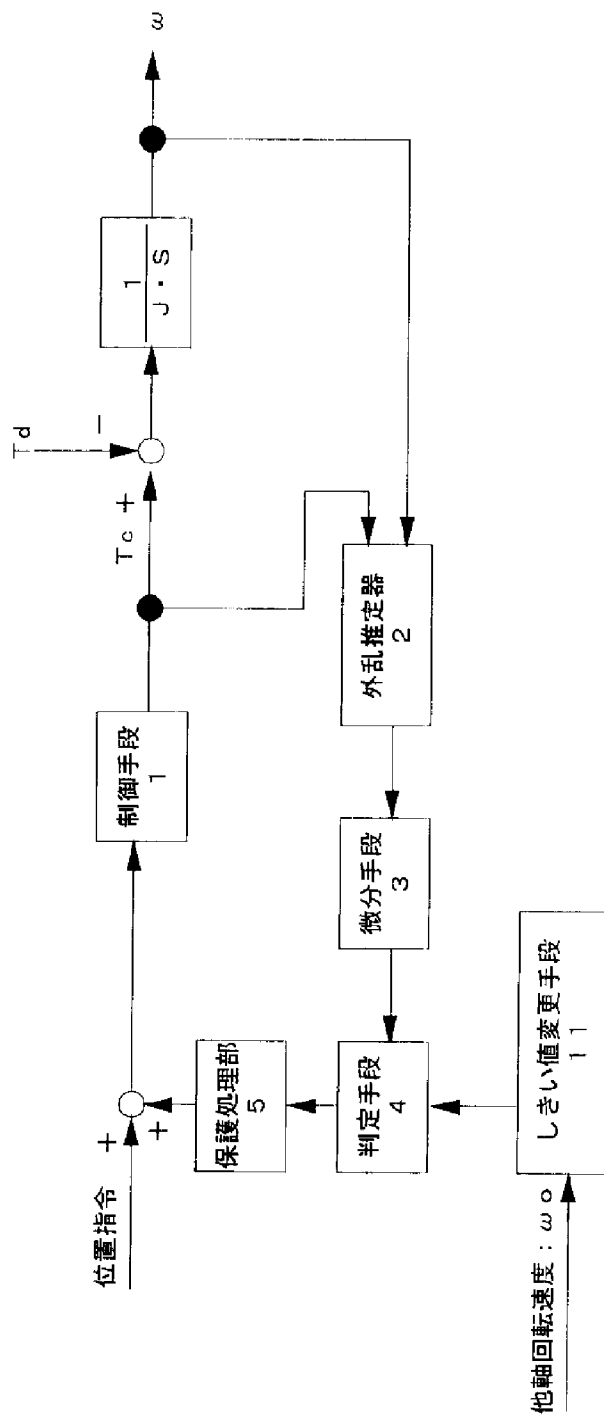
【図7】重力の影響を受ける時の外乱トルクの変動を示す図

|                                       |     |            |
|---------------------------------------|-----|------------|
| 【図8】本発明の第4の実施の形態を示すブロック図              | 5   | 保護処理部      |
| 【図9】本発明の第4の実施の形態説明の為の図                | 6   | モータ        |
| 【図10】本発明の第5の実施の形態を示すブロック図             | 7   | モータ        |
| 【図11】本発明の第5の実施の形態説明の為の図               | 8   | リンク        |
| 【図12】本発明の第6の実施の形態説明の為の2自由度ロボットアームの構成図 | 9   | 固定台        |
| 【図13】本発明の第6の実施の形態の構成を示すブロック図          | 10  | 負荷         |
| 【図14】本発明の第7の実施の形態説明の為の2自由度ロボットアームの構成図 | 11  | しきい値変更手段   |
| 【図15】本発明の第7の実施の形態の構成を示すブロック図          | 12  | フィルタ部      |
| 【図16】本発明の第7の実施の形態説明の為の外乱トルクの変化を示す図    | 13  | 平均値算出手段    |
| 【図17】従来の衝突判定処理の構成を示すブロック図             | 14  | 記憶手段       |
| 【符号の説明】                               | 15  | 演算器        |
| 1 制御手段                                | 16  | 速度別平均値算出手段 |
| 2 外乱推定器                               | 17  | 上位判定手段     |
| 3 微分手段                                | 18  | 上位指令生成部    |
| 4 判定手段                                | 19  | 障害物        |
|                                       | 20  | 外乱トルク総和手段  |
|                                       | 100 | 軸制御部       |
|                                       | 101 | 通信手段       |
|                                       | 102 | 通信手段       |

【図2】

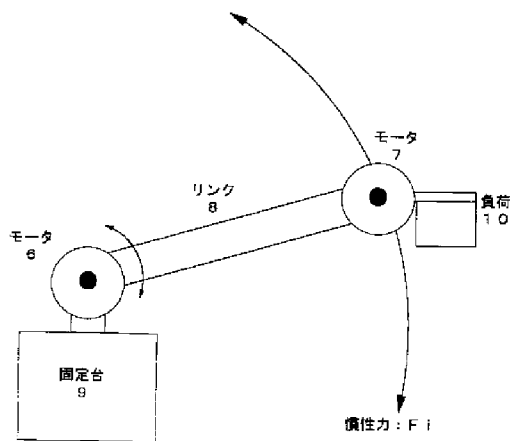


【图4】

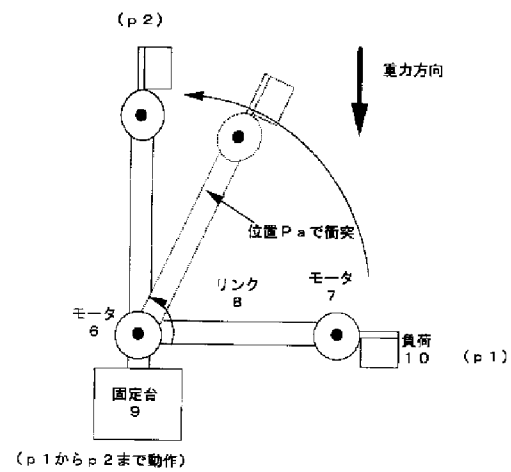




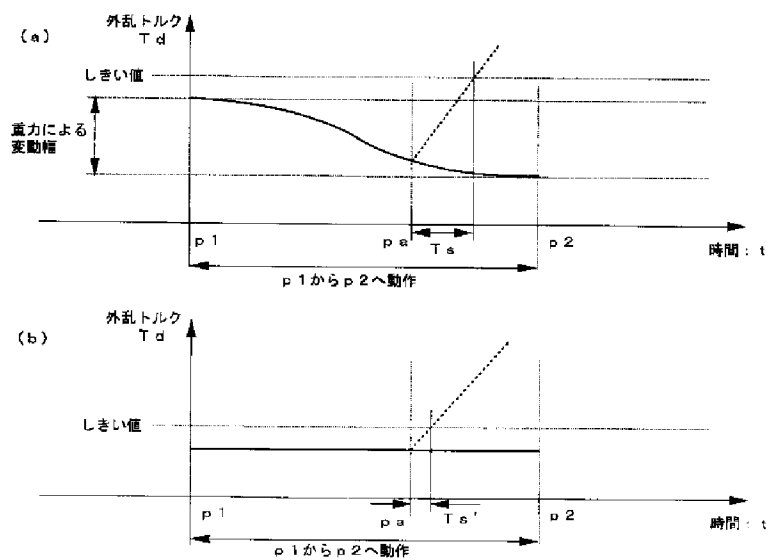
【図3】



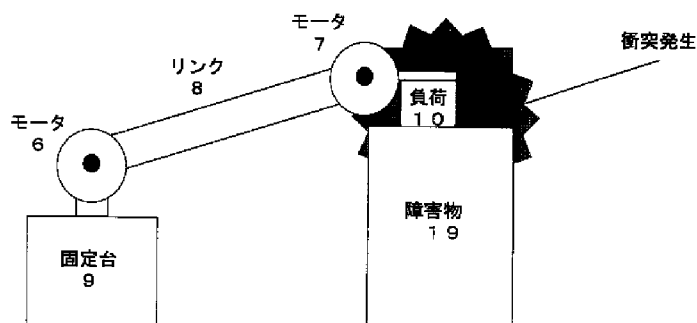
【図6】



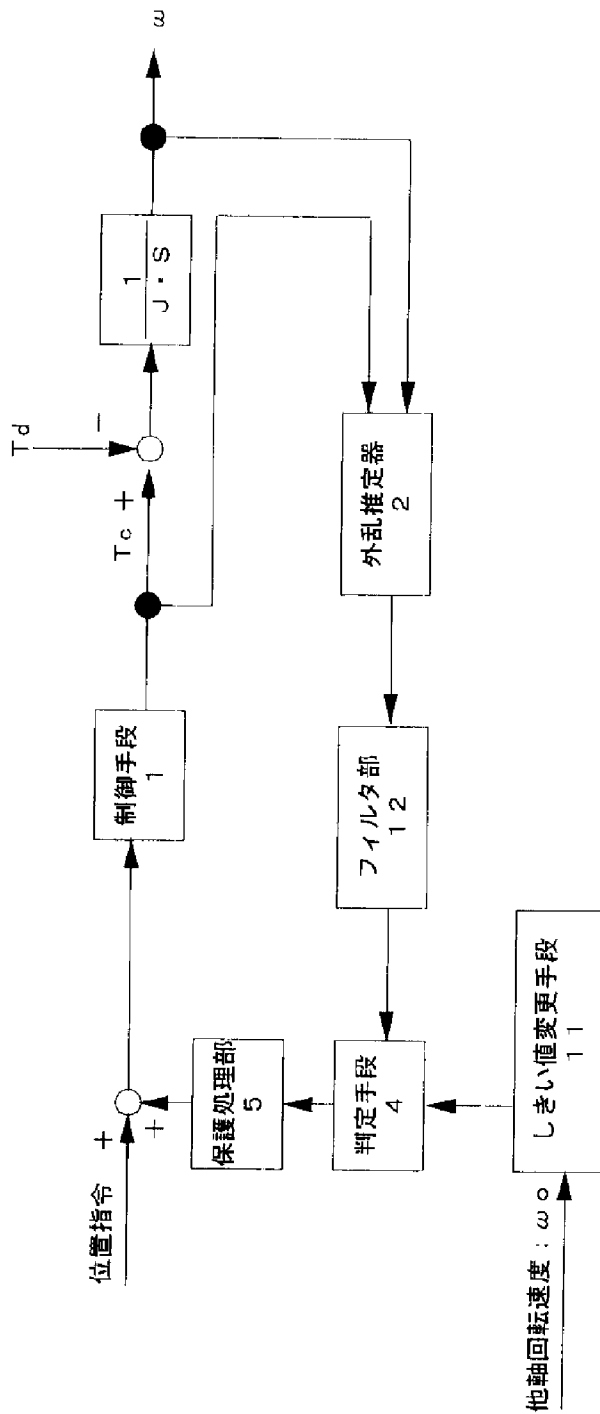
【図7】



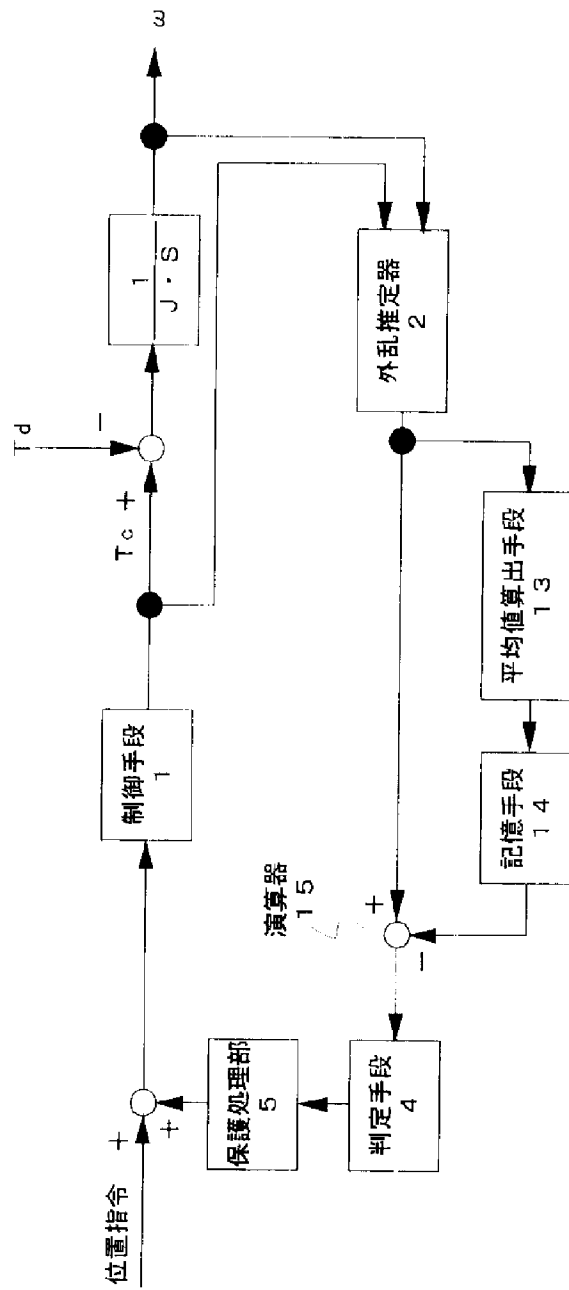
【図14】



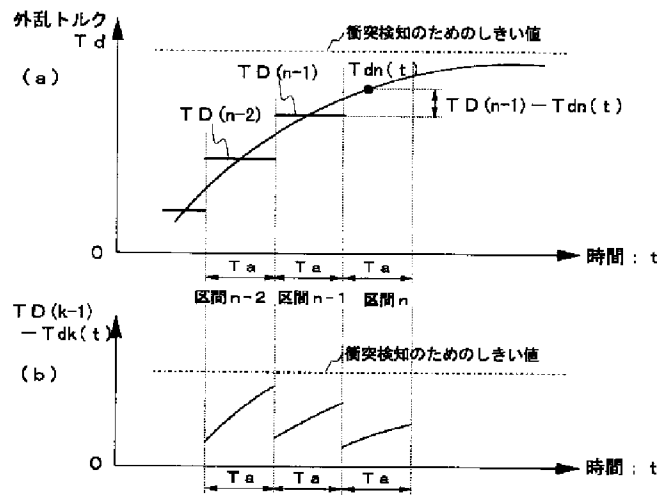
【図5】



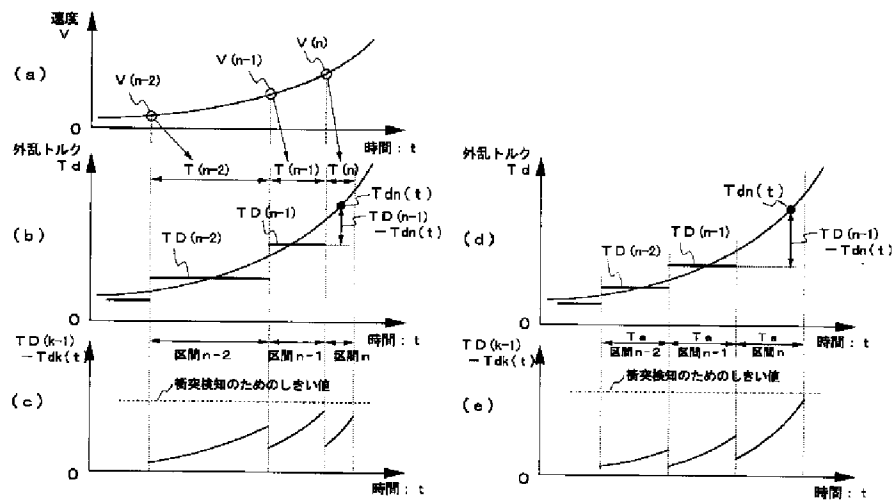
【図8】



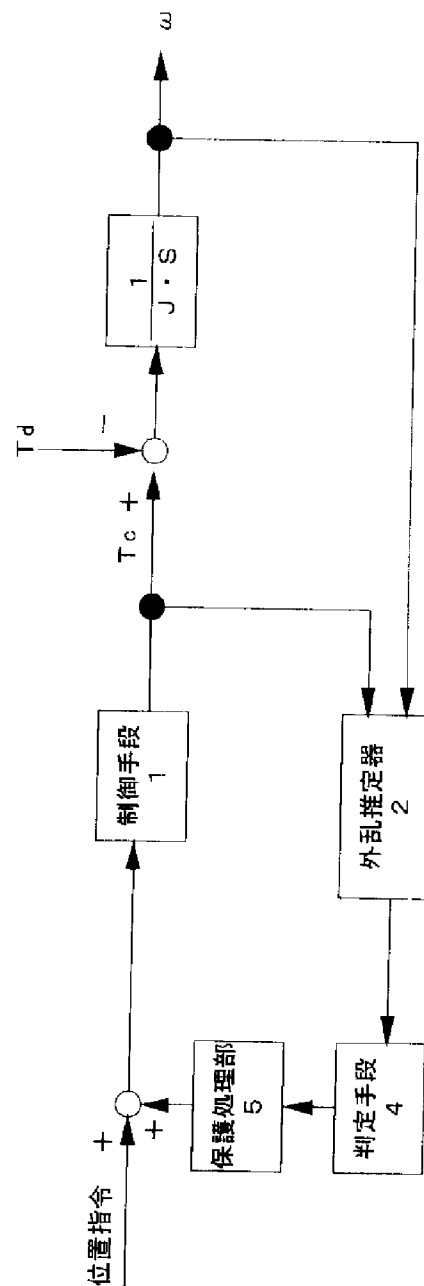
【図9】



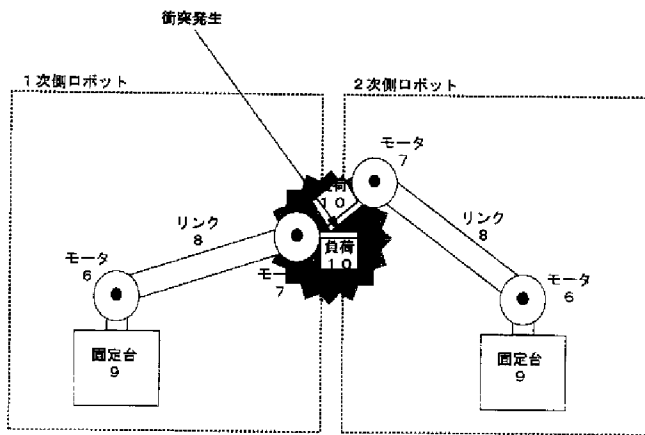
【図11】



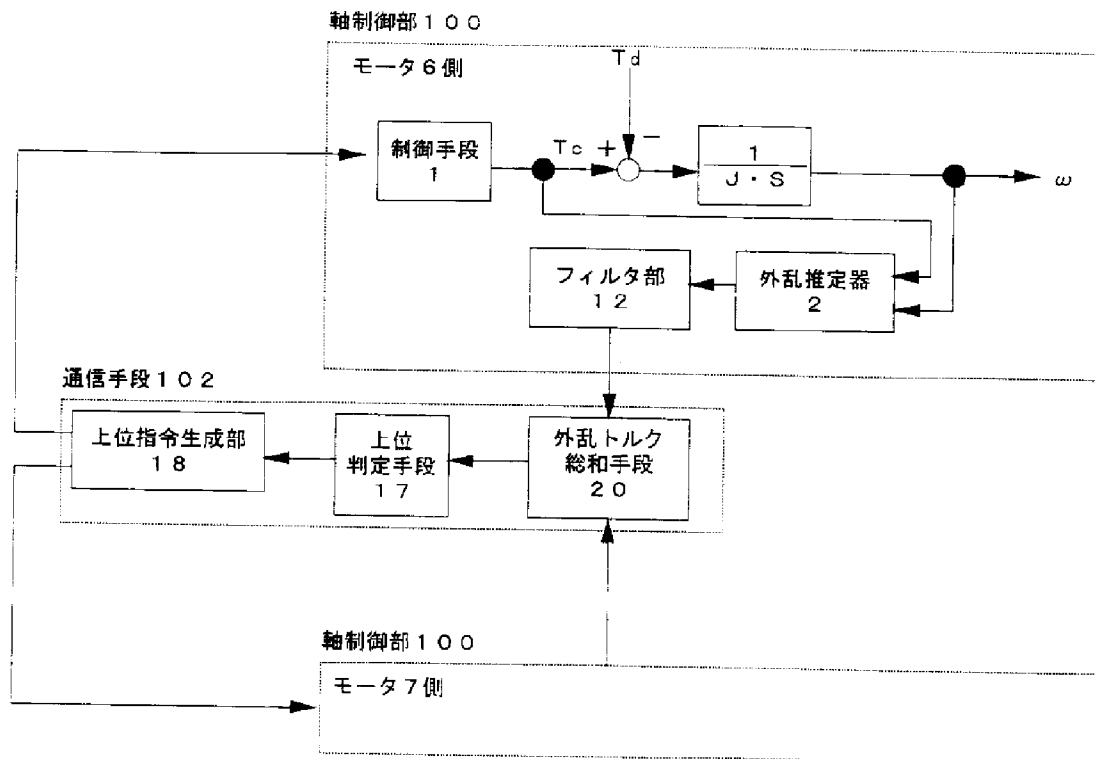
【图 17】



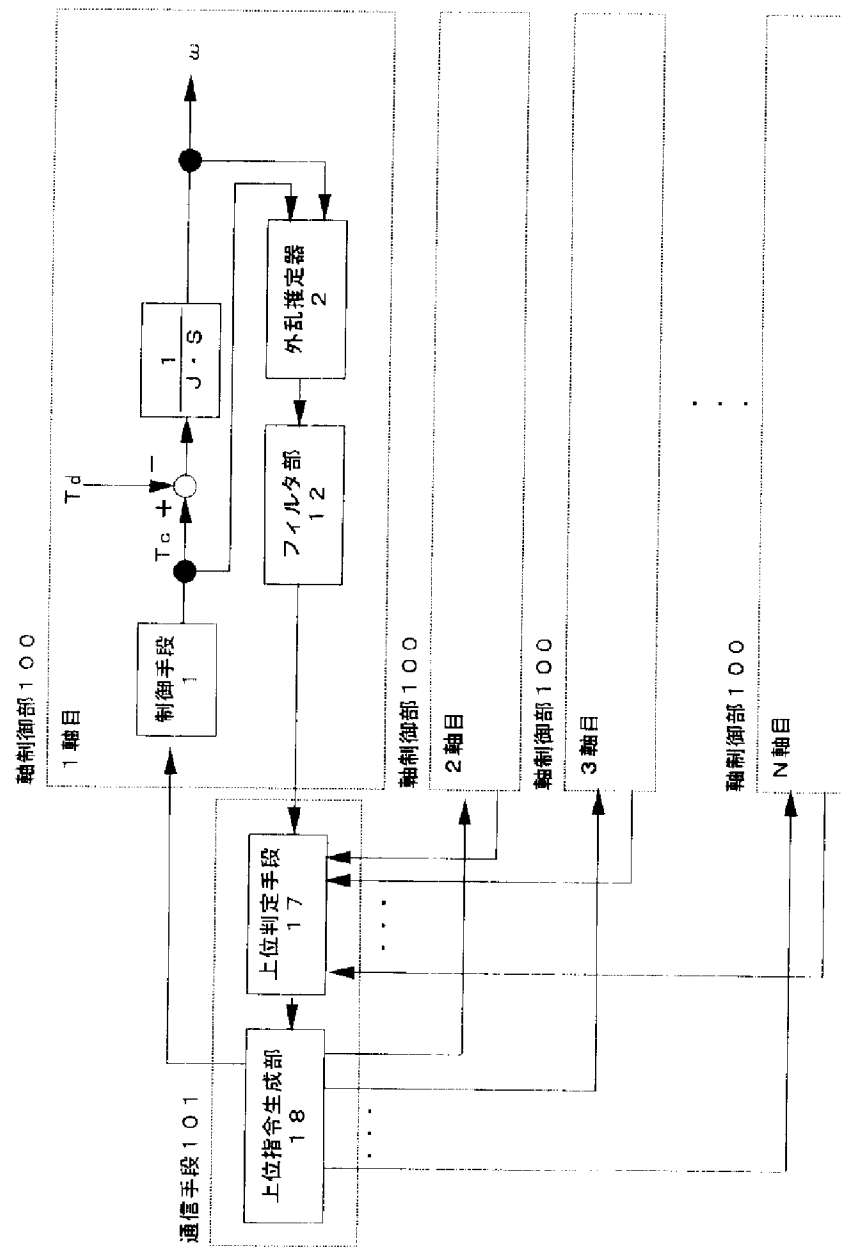
【図12】



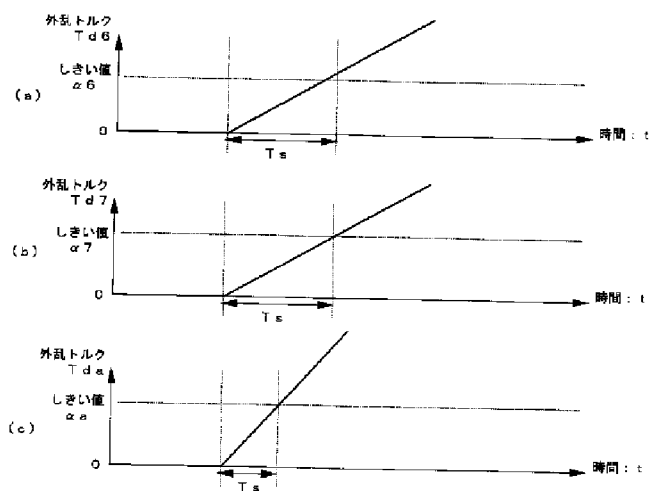
【図15】



【図13】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 大音 雅裕  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内